



AVIS SCIENTIFIQUE DÉCOULANT DE L'ÉVALUATION NATIONALE DU RISQUE D'INTRODUCTION AU CANADA D'ESPÈCES AQUATIQUES NON INDIGÈNES PAR LES EAUX DE BALLAST



Figure 1. Régions géographiques étudiées dans le cadre de l'évaluation nationale des risques liés aux eaux de ballast

Contexte :

Transports Canada est chargé de gérer un programme d'application réglementaire qui établit des procédures en matière de transport maritime afin de réduire le risque de transfert d'espèces envahissantes par les navires. L'actuel Règlement sur le contrôle et la gestion de l'eau de ballast est en cours de révision et Transports Canada a demandé officiellement à Pêches et Océans Canada (MPO) de formuler un avis scientifique sur le niveau de risque posé par les eaux de ballast des navires commerciaux pour les eaux canadiennes. Le Centre d'expertise pour l'analyse des risques aquatiques (CEARA) du MPO a établi des directives pour évaluer le risque biologique posé par les espèces aquatiques envahissantes au Canada.

Le processus de consultation scientifique actuel a pour but d'évaluer le niveau de risque d'introduction d'espèces aquatiques envahissantes (EAE) dans les eaux canadiennes par l'entremise des eaux de ballast de navires qui naviguent entre des ports étrangers et des ports canadiens ainsi que par le transport maritime interne.

Plus précisément, Transports Canada a demandé au MPO un avis scientifique sur les éléments suivants :

1. Quel est le niveau de risque d'introduction d'espèces aquatiques envahissantes (EAE) dans les eaux canadiennes lié aux navires transitant par les ports de l'Arctique?
2. Quel est le niveau de risque posé par les navires qui naviguent dans les zones d'exemption pour le renouvellement de l'eau de ballast situées au large des côtes est et ouest?

3. Quel est le niveau de risque posé par les activités de transport maritime interne?
4. La réglementation actuelle sur la gestion des eaux de ballast offre-t-elle une protection suffisante contre l'introduction d'EAE par les navires?

Le présent avis scientifique découle des réunions nationales du Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS) de Pêches et Océans Canada qui ont lieu du 25 au 27 avril et du 19 au 21 juin à Burlington (Ontario) pour évaluer le risque d'introduction d'espèces non indigènes (ENI) par les eaux de ballast dans les eaux canadiennes. Toute autre publication découlant de ces réunions sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, sur le calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada (MPO).

SOMMAIRE

- L'eau de ballast est un vecteur qui pose un risque important d'introduction primaire et secondaire d'espèces aquatiques non indigènes dans toutes les régions. Certaines de ces ENI sont devenues ou peuvent devenir envahissantes. Les espèces envahissantes peuvent avoir des impacts économiques, sociaux ou écologiques.
- L'avis scientifique (AS) qui suit s'appuie sur une analyse comparative du risque relatif que comportent 11 voies d'entrée d'eau de ballast au Canada dans les régions de l'Atlantique, du Pacifique, de l'Arctique et des Grands Lacs (figure 1).
- Dans l'analyse comparative, on prend en compte le potentiel d'arrivée et de survie d'ENI de zooplancton et de phytoplancton (les microbes ne sont pas inclus dans l'analyse) pour déterminer le potentiel d'introduction ainsi que l'ampleur des conséquences qu'entraînent ces espèces aquatiques non indigènes. Le risque relatif posé par le rejet d'eaux de ballast par des navires commerciaux dans les eaux canadiennes a été évalué à la lumière des exigences réglementaires actuelles concernant les eaux de ballast, et des exigences futures de la norme de rendement D-2 de l'Organisation maritime internationale (OMI).
- Le risque d'envahissement que posent actuellement les navires transocéaniques étrangers qui arrivent dans les Grands Lacs et dans le fleuve Saint-Laurent (GLFSL) a été utilisé comme risque de référence le plus faible dans cette étude, étant donné que le renouvellement de l'eau de ballast est considéré comme particulièrement efficace pour cette voie d'entrée et qu'aucune ENI introduite par l'eau de ballast n'a été signalée dans les Grands Lacs depuis 2006. Toutefois, étant donné qu'il s'agit d'une évaluation du risque relatif, il convient de signaler que même les voies d'entrée classées au niveau de risque le plus faible présentent un risque d'envahissement.
- Bien qu'il y ait peu de rejets d'eau de ballast dans l'Arctique, ce qui engendre un risque annuel relativement faible, le risque posé par des rejets individuels de navires transocéaniques étrangers dans l'Arctique est comparativement élevé. Ce risque ira en augmentant dans l'avenir avec la croissance attendue des activités de transport maritime commercial, grâce à des saisons plus longues sans glace et au développement du Nord. Il est peu probable que les ports de l'Arctique servent de source d'ENI pour les eaux canadiennes.
- Les navires qui voyagent dans les zones d'exemption pour le renouvellement de l'eau de ballast dans les régions du Pacifique et de l'Atlantique représentent actuellement un risque relativement élevé d'envahissement. Les navires étrangers exemptés constituent une voie d'entrée importante pour l'introduction d'ENI de zooplancton et de phytoplancton dans les eaux canadiennes par le biais d'eaux de ballast non renouvelées.

- Le risque que posent les navires affectés à la navigation intérieure (navires canadiens), en ce qui a trait à l'introduction d'espèces aquatiques non indigènes, varie selon les régions, les groupes taxonomiques et les échelles temporelles. Les cargos hors mer (ou laquiers) posent un risque relativement élevé en ce qui a trait aux ENI de zooplancton dans le cas des deux échelles temporelles, tandis que les navires côtiers de la côte est présentent un risque relativement élevé tant en ce qui concerne les ENI de zooplancton que les ENI de phytoplancton, dans le cas des rejets individuels d'eau de ballast. Le risque que posent les navires canadiens dans l'Arctique est relativement faible. Dans le cas des navires canadiens de la côte ouest, le risque n'a pas été évalué en raison d'un manque de données.
- Bien que les exigences réglementaires actuelles concernant le renouvellement de l'eau de ballast des navires transocéaniques permettent de réduire le risque d'invasions d'ENI dans les écosystèmes d'eau douce (p. ex., les Grands Lacs), ces exigences sont moins efficaces pour réduire le risque dans le cas des écosystèmes marins (c.-à-d. que les voies d'entrée des navires transocéaniques étrangers dans les régions de l'Atlantique et du Pacifique posent un risque relativement élevé dans cette évaluation).
- L'abondance d'ENI de zooplancton (c.-à-d. le nombre d'individus) serait réduite pour toutes les voies d'entrée si elle était gérée en conformité avec la norme D-2 de l'OMI. Toutefois, l'abondance d'ENI de phytoplancton serait réduite seulement dans le cas de la moitié des voies d'entrée.
- Une gestion efficace de toutes les introductions d'ENI qui ont lieu par l'entremise de navires nécessitera la prise en compte d'autres vecteurs liés au transport maritime, comme les bio-salissures des coques de navires et les sédiments d'eau de ballast, tant dans le cas des navires commerciaux que des navires non commerciaux.

INTRODUCTION

Les espèces qui ont établi des populations en dehors de leur aire de répartition naturelle sont appelées espèces non indigènes (ENI). Bien que seule une faible proportion des introductions d'ENI ait des répercussions mesurables, les ENI peuvent avoir une incidence importante sur les écosystèmes receveurs et entraîner des conséquences économiques et écologiques à long terme. Les envahissements d'ENI sont de plus en plus répandus, car la mondialisation a entraîné une augmentation des translocations d'espèces, tant intentionnelles que non intentionnelles, partout dans le monde.

Le processus d'invasion biologique commence avec des individus fondateurs, que l'on nomme propagules, qui doivent se retrouver dans un vecteur de transport, et y survivre, pour être transportés de la région source à un nouvel environnement. Une fois libérés, les propagules doivent survivre dans le nouvel environnement pour pouvoir former une population reproductrice (c.-à-d. pour s'y établir). Toute population établie d'une ENI peut agir comme source de propagules pour une autre introduction de l'espèce (c.-à-d. entraîner un envahissement « secondaire »). Le processus et les répercussions des envahissements secondaires sont les mêmes que dans le cas des envahissements primaires. Le qualificatif « secondaire » fait référence au transport de propagules qui se fait depuis un lieu intermédiaire plutôt qu'à partir de l'aire de répartition indigène.

Bien que des envahissements biologiques puissent se produire de façon naturelle, le rythme rapide, l'échelle spatiale mondiale et l'immense diversité des envahissements aidés par l'homme constituent un moteur unique du changement planétaire. Parmi les vecteurs des ENI

dans les écosystèmes d'eau douce et marins du Canada, il y a les libérations intentionnelles (p. ex., des programmes d'ensemencement autorisés) et non intentionnelles d'espèces aquatiques. Les libérations non intentionnelles peuvent être liées à des activités de navigation commerciale (p. ex., rejets d'eau de ballast ou salissures de coques), à des évasions depuis des installations d'aquaculture ou à des libérations non autorisées d'espèces d'aquarium, de poissons-appâts ou de poissons pour étangs d'ornement.

L'eau de ballast a toujours été un vecteur important de l'introduction d'espèces aquatiques non indigènes au Canada. Le terme eau de ballast désigne l'eau et ses matières en suspension prises à bord d'un navire pour en contrôler l'assiette, la gîte, le tirant d'eau, la stabilité et les contraintes. Étant donné que l'eau prise à bord comme ballast est composée de l'eau ambiante qui entoure le navire au port d'origine, divers assemblages de plancton présents dans la colonne d'eau sont pompés dans les citernes de ballast avec des sédiments du port qui sont remis en suspension et les communautés benthiques qui y sont associées. Ces communautés sont ensuite transportées et libérées, en un laps de temps relativement bref, dans d'autres ports commerciaux qui peuvent se situer à des milliers de kilomètres du port d'origine, c'est-à-dire à une distance beaucoup plus grande que celle qui est atteinte normalement par la dispersion naturelle.

L'actuel *Règlement sur le contrôle et la gestion de l'eau de ballast* du Canada est en cours de révision afin de l'aligner sur les engagements internationaux pris au niveau de l'Organisation maritime internationale (OMI), un organisme des Nations Unies qui œuvre à l'amélioration de la sécurité maritime et à la prévention de la pollution causée par les navires. Dans ce contexte, Transports Canada a demandé à Pêches et Océans Canada (MPO) un avis scientifique sur le niveau de risque posé par les eaux de ballast des navires commerciaux pour les eaux canadiennes, afin d'orienter les révisions de l'actuel *Règlement sur le contrôle et la gestion de l'eau de ballast*. Plus précisément, Transports Canada a demandé un avis concernant les questions suivantes :

- 1) Quel est le niveau de risque posé d'introduction d'espèces aquatiques envahissantes (EAE) dans les eaux canadiennes posé par les navires qui transitent par les ports de l'Arctique?
- 2) Quel est le niveau de risque posé par les navires qui naviguent dans les zones d'exemption pour le renouvellement de l'eau de ballast situées au large des côtes est et ouest?
- 3) Quel est le niveau de risque posé par les activités de transport maritime interne?
- 4) La réglementation actuelle sur la gestion des eaux de ballast offre-t-elle une protection suffisante contre l'introduction d'EAE par les navires?

Le présent document fournit à Transports Canada un avis scientifique sur le niveau de risque que pose le vecteur de la navigation commerciale pour les eaux canadiennes par l'entremise de l'eau de ballast. L'avis scientifique est la dernière étape d'un processus itératif visant à répondre aux questions précitées. Initialement, le risque d'envahissement a été étudié dans le cas des ports les plus actifs des régions des Grands Lacs, de l'Arctique, de l'Atlantique et du Pacifique. Le présent avis scientifique national s'appuie sur les documents régionaux (p. ex., Chan *et al.* 2012, Bailey *et al.* 2012, MPO 2012 a et b) en évaluant le risque d'envahissement à l'échelle des voies d'entrée du transport maritime, par opposition aux ports, et intègre également de nouvelles données provenant de récentes études biologiques des eaux de ballast.

Cet avis scientifique est fondé sur les tendances récentes en matière de transport maritime et sur les conditions environnementales. Tout changement futur touchant l'un ou l'autre de ces

facteurs, ou les deux, entraînera des changements au niveau du risque d'invasion. En particulier, une augmentation du trafic maritime à destination du Canada provoquera une augmentation du potentiel d'arrivée d'ENI. Des changements dans les tendances commerciales pourraient établir de nouveaux liens avec des ports d'origine qui présentent de grandes similitudes environnementales avec des ports receveurs du Canada. En outre, les scénarios envisageables en matière de changement climatique prédisent des changements thermiques et physiques partout au Canada, ce qui pourrait avoir une incidence sur l'analyse des similitudes environnementales entre paires de ports. Une nouvelle analyse des similitudes environnementales existant entre ports donneurs et ports receveurs, réalisée à l'aide de variables environnementales projetées selon des scénarios de changement climatique, seraient utiles pour affiner davantage les prévisions concernant le risque futur d'invasion à l'échelle du Canada.

Règlement sur le contrôle et la gestion de l'eau de ballast

Règlement actuel

La gestion volontaire de l'eau de ballast a été introduite pour la région des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent (GLFSL) en 1989. En 2000, elle a été étendue à toutes les eaux qui relèvent de la compétence canadienne. Une réglementation obligatoire en matière d'eau de ballast (le *Règlement sur le contrôle et la gestion de l'eau de ballast*) a été promulguée en 2006, puis révisée en 2007 et 2011. Le règlement actuel exige que tous les navires qui naviguent dans les eaux canadiennes gèrent leurs eaux de ballast, sauf quelques exceptions précisées dans le Règlement.

Le renouvellement de l'eau de ballast (REB) représente l'option principale à laquelle ont recours les navires pour la gestion de l'eau de lest. Le REB est un processus par lequel un navire remplace l'eau de ballast qui a été prise à bord près de la côte avec de l'eau salée puisée en pleine mer. Le REB est fondé sur deux grands principes : 1) les espèces côtières contenues dans l'eau de ballast sont remplacées par des espèces océaniques qui sont peu susceptibles de survivre lorsqu'elles sont évacuées dans un environnement côtier; 2) l'exposition aux niveaux de salinité océaniques est fatale pour un grand nombre d'organismes qui vivent près des côtes, ce qui réduit les probabilités de survie de ces organismes. D'une manière analogue au REB, le rinçage des réservoirs comporte le lavage des réservoirs d'eau de ballast « vides » avec de l'eau puisée en pleine mer. Cette opération est exigée dans le cas de tous les navires qui entrent dans les Grands Lacs en provenance de l'étranger.

Afin de maximiser l'efficacité du REB, les navires doivent remplacer au minimum 95 % de leur eau de ballast.

Le REB doit être effectué à ≥ 200 milles nautiques du rivage, dans une zone où la profondeur de l'eau est ≥ 2000 mètres. Les navires qui naviguent dans des eaux qui ne répondent pas à ces exigences peuvent effectuer le REB à ≥ 50 milles nautiques du rivage, dans une zone où la profondeur de l'eau est ≥ 500 mètres. Dans les deux cas, l'eau de ballast du navire doit atteindre un degré de salinité final ≥ 30 parties par mille (*Règlement sur le contrôle et la gestion de l'eau de ballast*). Dans certaines conditions météorologiques, ou dans d'autres circonstances raisonnables, le Canada accepte le REB dans d'autres zones alternatives désignées, situées plus près du rivage.

Changements proposés

En 2004, l'OMI a adopté la *Convention internationale pour le contrôle et la gestion des eaux de ballast et sédiments des navires* (ci-après appelée la « Convention »). La Convention détermine

les limites maximales admissibles pour les rejets (norme de rendement D-2 de l'OMI) en ce qui a trait aux organismes et aux microbes indicateurs présents dans l'eau de ballast (tableau 1). La Convention n'est pas encore entrée en vigueur. Le Canada l'a ratifiée en 2010, acceptant ainsi d'adopter la norme précitée pour les eaux relevant de sa compétence, une fois que la Convention entrerait en vigueur. Afin de se conformer à la norme de rendement prévue par la Convention, la plupart des navires devront installer un système de traitement de l'eau de ballast afin de retirer ou de supprimer la grande majorité des organismes de cette eau (Transports Canada 2012). Bien que la Convention envisage le remplacement du REB par la norme de rendement D-2 de l'OMI, Transports Canada a proposé de maintenir les exigences relatives au REB, conjointement avec la norme D-2 de l'OMI, afin d'assurer une meilleure protection des ports receveurs en eau douce (Transports Canada 2012).

Tableau 1. Normes de rendement pour l'eau de ballast prévues dans la Convention internationale pour le contrôle et la gestion des eaux de ballast et sédiments des navires (OMI 2004, Règlement D-2).

Catégorie	Gamme de tailles	Norme sur les rejets
Zooplancton	$\geq 50 \mu\text{m}$	$< 10 \text{ organismes} \cdot \text{m}^{-3}$
Phytoplancton	$\geq 10 - < 50 \mu\text{m}$	$< 10 \text{ cellules} \cdot \text{mL}^{-1}$
Microbes indicateurs	<i>Vibrio cholera</i>	1 CFU par 100 ml ou
		1 CFU par gramme (poids mouillé) d'échantillons de zooplancton
	<i>Escherichia coli</i>	250 CFU par 100 ml
	Entérocoques intestinaux	100 CFU par 100 ml

ÉVALUATION

Pour l'évaluation nationale du risque, le Canada a été divisé en quatre régions (Atlantique, Pacifique, Arctique et Grands Lacs-fleuve Saint-Laurent – Figure 1). L'évaluation du risque a été effectuée en trois étapes, de manière distincte pour les ENI de zooplancton et les ENI de phytoplancton. Les microbes n'ont pas fait l'objet d'une évaluation, en raison du manque de données et d'information. Premièrement, on a estimé le potentiel d'introduction d'ENI en combinant les potentiels individuels d'arrivée et de survie d'ENI, en se basant sur le volume des rejets d'eau de ballast, l'abondance déterminée à l'aide des échantillons d'eau de ballast et la similitude environnementale entre les régions sources et les régions réceptrices. On a présumé que l'établissement avait lieu si les ENI étaient considérées comme aptes à survivre dans les conditions environnementales de la région réceptrice. Étant donné que les navires transitant par différentes régions transportent différents assemblages d'espèces possédant des caractéristiques et des besoins différents qui ont une incidence sur le risque d'envahissement, le potentiel d'introduction a été évalué d'après le profil d'exploitation de chaque navire durant toute la période d'étude (ce profil est désigné ci-après par le terme « voie d'entrée » (voir le tableau 2 pour les définitions).

Deuxièmement, on a estimé l'ampleur potentielle des conséquences de l'introduction par l'eau de ballast d'après le nombre d'ENI à incidence élevée présentes dans chaque écorégion source. Finalement, afin de déterminer le risque relatif final d'envahissement des diverses voies d'entrée, le potentiel d'introduction et l'ampleur potentielle des conséquences ont été combinés à l'aide d'une matrice de risque (tableau 3). Les envahissements sont des processus stochastiques (c'est-à-dire qu'ils comportent des facteurs non déterministes, comme le hasard), et il n'est actuellement pas possible d'assigner des probabilités absolues de réussite

**Évaluation nationale du risque d'introduction d'espèces
aquatiques non indigènes par les eaux de ballast**

Région de la capitale nationale

d'envahissement. Par conséquent, on a utilisé dans cette étude le risque posé par les navires transocéaniques étrangers transitant par les GLFSL comme risque de référence « le plus faible », étant donné que l'on considère le renouvellement de l'eau de ballast (REB) comme étant particulièrement efficace pour cette voie d'entrée, et qu'aucune introduction d'ENI par l'eau de ballast n'a été signalée dans les Grands Lacs depuis 2006 (Bailey *et al.* 2011).

Tableau 2. Définitions des voies d'entrée de navires utilisées dans l'évaluation du risque

Voie d'entrée	Définition
Navires côtiers canadiens de l'Arctique	Naviguent exclusivement entre les ports situés dans les régions des GLFSL, de l'Atlantique et de l'Arctique.
Navires transocéaniques étrangers de l'Arctique	Les activités doivent inclure l'utilisation d'au moins un port de la région de l'Arctique et d'au moins un port situé à l'extérieur du Canada et des États-Unis. Les navires peuvent également naviguer à l'intérieur des régions des GLFSL et de l'Atlantique, et aux États-Unis.
Navires canadiens de la côte est	Naviguent exclusivement entre les ports situés dans les régions des GLFSL et de l'Atlantique.
Navires transocéaniques étrangers de la région des GLFSL	Les activités doivent inclure l'utilisation d'au moins un port de la région des GLFSL et d'au moins un port situé à l'extérieur du Canada et des États-Unis. Les navires peuvent également naviguer à l'intérieur de la région de l'Atlantique, et aux États-Unis.
Cargos hors mer (laquiers)	Exploités exclusivement entre les ports situés dans la région des GLFSL et dans l'estuaire du Saint-Laurent (c.-à-d. de Duluth à Sept-Îles)
Navires côtiers américains de l'Atlantique	Exploités uniquement entre les ports situés dans la région de l'Atlantique et sur la côte est des États-Unis (au sud de Cape Cod)
Navires étrangers exemptés de l'Atlantique	Exploités exclusivement entre les ports situés dans la région de l'Atlantique et sur la côte est des États-Unis (au nord de Cape Cod)
Navires transocéaniques étrangers de l'Atlantique	Les activités doivent inclure l'utilisation d'au moins un port de la région de l'Atlantique et d'au moins un port situé à l'extérieur du Canada et des États-Unis. Les navires peuvent également naviguer à l'intérieur des eaux des États-Unis.
Navires côtiers américains du Pacifique	Exploités exclusivement entre les ports situés dans la région du Pacifique et sur la côte ouest des États-Unis (au sud de Cape Blanco)
Navires étrangers exemptés du Pacifique	Les activités incluent l'utilisation d'au moins un port de la région du Pacifique, et le dernier port d'escale le long de la côte ouest des États-Unis doit être au nord de Cape Blanco. Habituellement, ces navires accostent également dans des ports situés en dehors du Canada et des États-Unis avant d'arriver dans la zone d'exemption.
Navires transocéaniques étrangers du Pacifique	Les activités doivent inclure l'utilisation d'au moins un port de la région du Pacifique et d'au moins un port situé à l'extérieur du Canada et des États-Unis. Les navires peuvent également naviguer à l'intérieur des eaux des États-Unis.

Tableau 3. Matrice utilisée pour combiner le potentiel d'introduction et l'ampleur des répercussions potentielles de l'introduction en un classement final du risque relatif : vert = risque le plus faible; jaune = risque intermédiaire; rouge = risque le plus élevé. À noter, l'emplacement des navires transocéaniques étrangers naviguant dans les GLFSL au coin supérieur gauche, qui a été utilisé comme référence pour le classement relatif dans l'évaluation du risque.

		P (Introduction)				
		Le plus faible	Plus faible	Intermédiaire	Plus élevée	Le plus élevée
Ampleur des répercussions	Très élevée	Le plus faible (GLFSL, N.T.E.)	Intermédiaire	Le plus élevée	Le plus élevée	Le plus élevée
	Élevée	Le plus faible	Intermédiaire	Intermédiaire	Le plus élevée	Le plus élevée
	Intermédiaire	Le plus faible	Intermédiaire	Intermédiaire	Intermédiaire	Le plus élevée
	Plus faible	Le plus faible	Le plus faible	Intermédiaire	Intermédiaire	Intermédiaire
	Le plus faible	Le plus faible	Le plus faible	Le plus faible	Le plus faible	Le plus faible

Le risque relatif d'envahissement a été calculé d'après le volume annuel d'eau de ballast rejeté et par événement de rejet d'eau de ballast, ce qui a permis d'étudier le risque selon différentes échelles temporelles. Étant donné que le Canada fera bientôt la transition vers un nouveau régime de gestion des eaux de ballast qui est censé améliorer la protection contre les ENI, l'évaluation a été répétée afin d'évaluer le risque dans le cadre de la norme de rendement D-2 de l'OMI. Les valeurs relatives à l'abondance des ENI de zooplancton et de phytoplancton attendues après le traitement des eaux de ballast conformément à la norme de rendement D-2 de l'OMI ont été estimées et utilisées dans le calcul du potentiel d'arrivée. Les résultats obtenus ont permis d'estimer le risque futur d'introductions d'ENI par l'entremise d'eaux de ballast après l'entrée en vigueur de la Convention et de comparer les risques présents et futurs d'introductions par les eaux de ballast.

Sources de données

Données sur les navires

Dans le cas de chaque région, on a compilé une base de données exhaustive sur les événements de rejet d'eau de ballast et le volume d'eau de ballast rejetée par les navires marchands dans les ports canadiens. Les analyses ont été limitées aux navires d'une longueur d'au moins 50 mètres et ayant une capacité pour l'eau de ballast d'au moins 8 m³, étant donné que ces navires effectuent la grande majorité des renouvellements d'eau de ballast au Canada et sont assujettis à la réglementation canadienne sur la gestion de l'eau de ballast et la production de rapports sur cette réglementation (c.-à-d. les vraquiers, les navires-citernes, les navires transportant des marchandises diverses, et les navires rouliers). Afin de maximiser la couverture et la qualité des données, l'information sur les activités de navigation a été extraite et recoupée à partir d'au moins deux sources gouvernementales (voir tableau 4).

Tableau 4. Sources de données pour les activités de navigation, par région, incluant l'année (les années) pour laquelle (lesquelles) des données sont disponibles : base de données sur les eaux de ballast de Transports Canada (BDEBTC); Système d'information sur la navigation maritime (INNAV) de la Garde côtière canadienne; U.S. National Ballast Information Clearinghouse (NBIC); Système de soutien des opérations de trafic maritime (SSOTM) de la Garde côtière canadienne.

Région	Source des données				Année	Référence
	BDEBTC	INNAV	NBIC	SSOTM		
Arctique	X	X			2005-2008	Chan <i>et al.</i> 2012
GLFSL	X	X	X		2007	Bailey <i>et al.</i> 2012
Atlantique	X	X			2006	Adams <i>et al.</i> 2013
Pacifique	X		X	X	2008	Linley <i>et al.</i> 2013

Données biologiques

Les données biologiques (c.-à-d. le nombre d'organismes par unité géographique et le nombre d'espèces aquatiques non indigènes de zooplancton et de phytoplancton présentes dans l'eau de ballast) ont été tirées de récents relevés d'échantillonnage effectués par le Réseau national de recherche sur les espèces aquatiques envahissantes (RNREAE) et par Pêches et Océans Canada (Humphrey 2008; Klein *et al.* 2009; Bailey *et al.* 2011; Briski *et al.* 2012 a et b; Casas-Monroy 2012; DiBacco *et al.* 2012; Roy *et al.* 2012; Adebayo *et al.* 2013; S. Bailey et M. Munavar, Pêches et Océans Canada, données non publiées). Étant donné qu'aucune donnée biologique n'était disponible pour les voies d'entrée de l'Arctique, les données relatives au zooplancton pour la voie d'entrée des navires transocéaniques étrangers de l'Atlantique ont été réévaluées afin de calculer l'abondance des espèces non indigènes dans l'Arctique. La densité d'ENI de phytoplancton qui a été calculée pour la voie d'entrée des navires transocéaniques étrangers de l'Atlantique a été appliquée à la voie d'entrée des navires transocéaniques étrangers de l'Arctique. Un sous-ensemble de données sur la voie d'entrée des navires canadiens de la côte est (source de l'eau de ballast prise : Québec) a été utilisé pour estimer la densité d'ENI de zooplancton transportées par les navires côtiers canadiens de l'Arctique. Aucune donnée n'était disponible sur les ENI de phytoplancton dans le cas de ces navires.

Données environnementales

On a déterminé la salinité moyenne annuelle de chaque source côtière et de chaque port receveur à l'aide de la base de données en ligne du World Ocean Atlas (Antonov *et al.* 2006; Locarnini *et al.* 2006). Les données relatives à la « couche de surface de la mer », qui représente les dix premiers mètres de la colonne d'eau, ont été choisies comme étant les plus représentatives des ports côtiers, en raison du manque de données à un degré de résolution spatiale (horizontale et verticale) plus poussé (Glasby *et al.* 2007). Les valeurs de la salinité moyenne des ports intérieurs (p. ex., ceux des Grands Lacs) sont tirées de Keller *et al.* (2011). Les ports ont été répartis en trois catégories : eau douce (0,0 à 5,0 ‰), eau saumâtre (5,1 à 18 ‰) et eau de mer (18,1 ‰ et plus). Les ports ont été classés également par latitude en quatre zones climatiques : tropicale (0° à 20°), chaude à tempérée (20° à 40°), froide à tempérée (20° à 40°) et polaire (>60°), d'après Spalding *et al.* 2007, Keller *et al.* 2011 et Rubel et Kotter 2010.

Données relatives aux répercussions

Une liste d'ENI à incidence élevée (c.-à-d. envahissantes), pouvant être apportées par l'eau de ballast, et présentes dans 232 écorégions côtières a été dressée à partir de la *Nature Conservancy's Marine Invasive Database* (espèces classées aux niveaux de dommage 3 ou 4;

Molnar *et al.* 2008). De plus, étant donné que l'écorégion des GLFSL n'est pas incluse dans l'ensemble de données de *Nature Conservancy*, on a ajouté 11 ENI d'eau douce à incidence élevée, pouvant être apportées par l'eau de ballast, pour un total de 167 espèces dans 233 écorégions. Au cours de l'examen par les pairs de la présente évaluation du risque, l'exactitude de cette liste a été révisée par des experts dans le contexte des écorégions réceptrices du Canada. Les espèces qui étaient indigènes à des écorégions réceptrices canadiennes et les espèces marines liées à un port receveur en eau douce ont été retirées de la liste. La nomenclature taxonomique a également été mise à jour. Étant donné que l'ajout d'espèces excédait la portée de ce qui pouvait être accompli et passé en revue lors de la réunion, la liste des espèces constitue un indice du risque relatif, plutôt qu'une liste exhaustive d'envahisseurs potentiels.

Résultats

Les risques relatifs d'introduction d'ENI par les eaux de ballast dans le contexte de l'actuel *Règlement sur le contrôle et la gestion de l'eau de ballast* sont présentés dans le tableau 5. Les risques relatifs dans le contexte de la future norme de rendement D-2 de l'OMI sont présentés dans le tableau 6. On trouvera les résultats détaillés pour toutes les composantes de l'évaluation du risque dans les annexes 1 et 2.

Tableau 5. Risque relatif d'envahissement d'ENI par les eaux de ballast dans les voies d'entrée des navires dans le contexte de la réglementation en vigueur actuellement au Canada. Il est à noter que le risque varie dans le cas de certaines voies d'entrée selon le groupe taxonomique étudié.

Voie d'entrée	Risque actuel			
	Annuel		Par événement de rejet	
	Zooplankton	Phytoplankton	Zooplankton	Phytoplankton
Navires côtiers canadiens de l'Arctique	Le plus faible	Le plus faible	Le plus faible	Le plus faible
Navires transocéaniques étrangers de l'Arctique	Le plus faible	Intermédiaire	Le plus élevé	Le plus élevé
Navires canadiens de la côte est	Le plus faible	Intermédiaire	Le plus élevé	Le plus élevé
Navires transocéaniques étrangers de la région des GLFSL	Le plus faible	Le plus faible	Le plus faible	Le plus faible
Cargos hors mer (laquiers)	Le plus élevé	Le plus faible	Le plus élevé	Le plus faible
Navires côtiers américains de l'Atlantique	Intermédiaire	Le plus élevé	Le plus élevé	Le plus élevé
Navires étrangers exemptés de l'Atlantique	Intermédiaire	Le plus élevé	Le plus élevé	Le plus élevé
Navires transocéaniques étrangers de l'Atlantique	Le plus élevé	Le plus élevé	Le plus élevé	Le plus élevé
Navires côtiers américains du Pacifique	Le plus élevé	Le plus élevé	Le plus élevé	Le plus élevé
Navires étrangers exemptés du Pacifique	Le plus élevé	Le plus élevé	Le plus élevé	Le plus élevé
Navires transocéaniques étrangers du Pacifique	Le plus élevé	Le plus élevé	Le plus élevé	Le plus élevé

Tableau 6. Risque relatif d'envahissement d'ENI par les eaux de ballast dans les voies d'entrée des navires dans le contexte des exigences futures de la norme D-2 de l'OMI au Canada. Il est à noter que le risque varie dans le cas de certaines voies d'entrée selon le groupe taxonomique étudié.

Voie d'entrée	Risque futur			
	Annuel		Par événement de rejet	
	Zooplancton	Phytoplancton	Zooplancton	Phytoplancton
Navires côtiers canadiens de l'Arctique	Le plus faible	Le plus faible	Le plus faible	Le plus faible
Navires transocéaniques étrangers de l'Arctique	Le plus faible	Intermédiaire	Le plus faible	Le plus élevé
Navires canadiens de la côte est	Le plus faible	Le plus faible	Le plus faible	Le plus faible
Navires transocéaniques étrangers de la région des GLFSL	Le plus faible	Le plus faible	Le plus faible	Le plus faible
Cargos hors mer (laquiers)	Le plus faible	Le plus faible	Le plus faible	Le plus faible
Navires côtiers américains de l'Atlantique	Le plus faible	Le plus élevé	Le plus faible	Le plus élevé
Navires étrangers exemptés de l'Atlantique	Le plus faible	Le plus élevé	Le plus faible	Le plus élevé
Navires transocéaniques étrangers de l'Atlantique	Le plus faible	Le plus élevé	Le plus faible	Le plus élevé
Navires côtiers américains du Pacifique	Le plus faible	Le plus élevé	Le plus faible	Le plus élevé
Navires étrangers exemptés du Pacifique	Le plus faible	Le plus élevé	Le plus faible	Le plus élevé
Navires transocéaniques étrangers du Pacifique	Le plus faible	Le plus élevé	Le plus faible	Le plus élevé

Sources d'incertitude

- La fréquence d'arrivée des navires et les quantités d'eau de ballast rejetées peuvent varier de façon importante d'une année à l'autre (DiBacco *et al.* 2012).
- Il existe de l'incertitude entourant le nombre d'ENI présentes dans l'eau de ballast dans le cas des voies d'entrée pour lesquelles les nombres d'échantillons biologiques étaient de petite taille ou inexistant (p. ex., pour les voies d'entrée de l'Arctique).
- Les conditions environnementales (température et salinité de l'eau) varient dans le temps et dans l'espace, et les données relatives à ces conditions ne sont généralement pas disponibles au niveau de résolution des ports (eaux côtières peu profondes et proches du rivage). Cette variation peut avoir une incidence sur la composante de l'évaluation du risque qui a trait à la survie.
- La liste d'ENI à incidence élevée par écorégion qui est utilisée pour déterminer l'ampleur des répercussions dans la présente évaluation est une liste statique prudente fondée sur les renseignements disponibles, et elle pourrait ne pas représenter les distributions actuelles des espèces. La liste ne tient notamment pas compte d'espèces qui pourraient avoir des répercussions importantes dans de nouvelles régions réceptrices, même si elles ont une incidence faible ou négligeable dans les régions sources, ou d'espèces ayant des répercussions importantes et qui sont indigènes dans la région source, mais non indigènes dans la région réceptrice.
- Dans l'évaluation du risque futur, on présume que la norme de rendement D-2 de l'OMI s'appliquera à toutes les voies d'entrée du transport maritime et que le REB sera exigé conjointement avec l'application de cette norme dans le cas des ports receveurs en eau douce. S'il doit en être autrement, le potentiel d'introduction sera plus élevé pour certaines voies d'entrée, ce qui peut avoir une incidence sur le risque final.

- En raison de la quantité limitée d'ensembles de données à long terme sur le phytoplancton et de données de base disponibles sur la diversité et la distribution des espèces dans un grand nombre de régions du Canada, il est difficile d'évaluer de façon précise les risques d'introduction du phytoplancton.

Lacunes dans les connaissances

- Le transport maritime intérieur dans la région du Pacifique se fait exclusivement par remorqueur et chaland. Alors que les remorqueurs déclarent leurs déplacements aux entités qui gèrent les bases de données sur le trafic maritime, les chalands, qui transportent l'eau de ballast, ne les déclarent pas. Par conséquent, il n'y avait aucune donnée pour évaluer le risque associé aux navires côtiers intérieurs du Pacifique.
- Afin d'améliorer l'exactitude des évaluations futures du risque, il faudra davantage de données sur l'historique des navires et sur les activités liées à l'eau de ballast dans le cas du trafic maritime entre les ports canadiens.

CONCLUSIONS ET AVIS

Le présent avis s'appuie sur une évaluation comparative du risque, qui permet d'établir l'ordre de priorité des différentes voies d'entrée où l'on rejette de l'eau de ballast. Le classement est établi en fonction du risque d'envahissement posé par les navires transocéaniques étrangers dans la région des GLFSL. Même les voies d'entrée présentant le risque le plus faible posent un risque d'envahissement. L'avis qui suit répond à chacune des questions qui ont été posées par Transports Canada.

1) Quel est le niveau de risque posé par l'introduction d'espèces aquatiques envahissantes (EAE) dans les eaux canadiennes par les navires qui transitent par les ports de l'Arctique?

Comparativement aux autres voies d'entrée du transport maritime, les navires côtiers canadiens de l'Arctique présentent le risque d'envahissement le plus faible (dans le cas des deux échelles temporelles). La survie semble être le facteur limitant dans le cas des navires côtiers canadiens de l'Arctique. Toutefois, parmi ces navires, ceux qui effectuent volontairement un REB dans le détroit de Belle Isle pourraient ne pas réduire efficacement le potentiel d'introduction, en dépit de leurs bonnes intentions, parce que cette zone est plus semblable, du point de vue environnemental, aux ports de l'Arctique (salinité élevée, températures froides) qu'aux ports sources du fleuve Saint-Laurent. En outre, il convient de signaler que cette voie d'entrée présentait la deuxième plus grande abondance moyenne d'ENI de zooplancton. Si la similitude environnementale entre les ports donneurs et les ports receveurs devait augmenter en raison des changements climatiques, le potentiel d'introduction dans le cas de cette voie d'entrée augmentera. Comme on n'a pas signalé la présence d'ENI dans les eaux canadiennes de l'Arctique, il y a peu d'occasions pour les ports de l'Arctique d'agir comme source d'ENI pour d'autres eaux canadiennes.

Les navires transocéaniques étrangers de l'Arctique posent le risque le plus faible d'envahissement d'ENI de zooplancton ou un risque intermédiaire et pour le phytoplancton sur l'échelle annuelle. Cette voie d'entrée pose cependant le risque d'envahissement le plus élevé dans le cas des deux groupes taxonomiques, à l'échelle des événements de rejets individuels, ce qui indique que les rejets individuels effectués par les navires transocéaniques présentent un risque élevé et que le risque cumulatif ira en augmentant si le trafic maritime international augmente dans la région. Notre analyse du trafic maritime indique que les ports de l'Arctique

canadien ont des liens avec divers ports étrangers, ce qui offre un mécanisme pour l'introduction de diverses ENI dans cette région.

Il est à noter que le risque futur dans le cas des ports de l'Arctique augmentera si les changements climatiques entraînent une augmentation du trafic maritime (et des rejets d'eau de ballast). Des températures de l'eau de surface de plus en plus chaudes peuvent prolonger la saison de transport maritime et donner lieu à l'ouverture de nouvelles voies de navigation dans l'Arctique, et elles pourraient également accroître le potentiel de survie d'ENI dans les ports de l'Arctique. Si les projets proposés d'extraction de ressources à grande échelle progressent comme prévu, ils compteront parmi les sites de rejet d'eaux de ballast les plus importants au Canada.

2) Quel est le niveau de risque posé par les navires qui naviguent dans les zones d'exemption pour le renouvellement de l'eau de ballast situées au large des côtes est et ouest?

Les navires étrangers exemptés sont une voie d'entrée importante pour l'introduction d'ENI de zooplancton et de phytoplancton dans les eaux canadiennes par le biais d'eaux de ballast non renouvelées.

Les navires étrangers exemptés de l'Atlantique posent actuellement un risque d'envahissement intermédiaire dans le cas d'ENI de zooplancton, et le risque d'envahissement le plus élevé dans le cas d'ENI de phytoplancton de façon annuelle, ainsi que le risque relatif le plus élevé dans le cas des deux groupes taxonomiques, à l'échelle des événements de rejet individuels. Bien que ces navires mènent leurs activités dans une zone géographique limitée, les ports sources présentent un nombre modéré d'espèces aquatiques envahissantes à incidence élevée et susceptibles d'être transportées jusqu'à des ports canadiens.

Les navires étrangers exemptés du Pacifique posent actuellement un risque d'envahissement le plus élevé dans le cas des deux groupes taxonomiques, aux deux échelles temporelles. En dépit du faible volume d'eau de ballast qui est rejeté annuellement et de l'activité de navigation relativement peu importante dans cette voie d'entrée, l'abondance moyenne d'ENI est relativement élevée par navire, et le potentiel de survie ainsi que l'ampleur des conséquences ont été établis aux niveaux les plus élevés.

Il est à noter que dans la région du Pacifique, les inspecteurs de Transports Canada appliquent plus librement l'exemption que dans la région de l'Atlantique en accordant l'exemption en fonction du dernier port d'escale du navire plutôt qu'en limitant l'exemption à des navires qui naviguent exclusivement dans la zone d'exemption, comme le prévoit la réglementation canadienne. Cette application libérale de l'exemption de la gestion de l'eau de ballast dans la région du Pacifique concorde avec la situation « pas de ballast à bord » qui existait dans les Grand Lacs avant l'application des exigences relatives au rinçage à l'eau salée. Pour cette situation les rejets d'eau de ballast prise à bord dans les ports locaux posaient un risque d'introduction de nouvelles espèces en raison de leur mélange avec des eaux de ballast résiduelles non traitées provenant de ports étrangers.

3) Quel est le niveau de risque posé par les activités de transport maritime interne?

Le risque que posent les navires canadiens varie selon les régions, les groupes taxonomiques et les échelles temporelles. Les cargos hors mer (ou laquiers) posent le risque le plus élevé dans le cas d'ENI de zooplancton, mais le risque le plus faible dans le cas d'ENI de phytoplancton, tant à l'échelle temporelle annuelle qu'à l'échelle par événement de rejet. Les navires canadiens de la côte est posent le risque le plus élevé tant dans le cas du zooplancton que dans le cas du phytoplancton, à l'échelle par événement de rejet. Les navires canadiens dans l'Arctique posent le risque le plus faible aux deux échelles temporelles. Dans le cas des navires côtiers canadiens du Pacifique, le risque n'a pas été évalué, en raison d'un manque de données.

D'une manière générale, les navires canadiens transportent de grandes quantités d'ENI de zooplancton, et étant donné que la similitude environnementale entre les ports de la région est très grande, le potentiel de survie des ENI est élevé dans les ports receveurs. En dépit de la forte similitude environnementale (p. ex., en ce qui a trait à la salinité et à la température de l'eau), les communautés biologiques peuvent être très différentes d'un port à l'autre à l'intérieur des régions. L'eau de ballast des navires canadiens peut donc faciliter l'envahissement primaire par des espèces qui sont indigènes dans un sous-ensemble de ports canadiens, mais non indigènes dans d'autres ports du Canada. De manière analogue, le transport maritime peut faciliter les envahissements secondaires d'autres ports canadiens par des ENI introduites initialement dans un port canadien (par n'importe quel vecteur). Pour ces raisons, il est important de tenir compte des navires canadiens lors de l'élaboration des plans de gestion visant à réduire le risque d'envahissement.

4) La réglementation actuelle sur la gestion des eaux de ballast offre-t-elle une protection suffisante contre l'introduction d'EAE par les navires?

L'évaluation de l'adéquation de l'actuel *Règlement sur le contrôle et la gestion de l'eau de ballast* est un exercice de gestion qui comporte la détermination d'un niveau de tolérance au risque. Bien qu'une telle évaluation excède la portée du présent avis, le Secteur des sciences du MPO peut fournir de l'information pertinente à prendre en considération dans le processus de prise de décisions.

Neuf voies d'entrée du transport maritime au Canada posent actuellement un risque d'envahissement allant du niveau intermédiaire au niveau le plus élevé, dans le cas d'ENI de zooplancton ou d'ENI de phytoplancton. Seulement dans le cas de cinq de ces voies d'entrée, les navires sont déjà tenus d'effectuer un REB, ce qui indique que le niveau de protection assuré par l'actuelle réglementation sur la gestion de l'eau de ballast n'est pas le même pour toutes les voies d'entrée. Cette situation est expliquée par le fait que l'efficacité du REB est très variable, en particulier dans le cas des trajets côtiers. En effet, d'après certaines études, le REB a augmenté le potentiel d'introduction d'ENI, notamment dans le cas du phytoplancton, sur la côte de l'Atlantique (p. ex., Carver et Mallet 2002). D'une manière analogue, dans le cas de la côte du Pacifique, Cordel *et al.* (2009) ont rapporté que le REB n'avait pas d'incidence significative sur les espèces de zooplancton côtières.

Outre l'efficacité variable, un facteur de confusion potentiel est le fait que les navires qui naviguent le long des trois côtes du Canada ont un historique et une expérience plus courts en ce qui a trait à l'utilisation du REB que les navires actifs dans la région des GLFSL. De plus, les navires qui arrivent dans les Grands Lacs sont tenus de gérer les résidus d'eau de ballast par rinçage des citernes, et un programme d'inspection binational complet pour l'eau de ballast a été mis sur pied en 2006 pour la région des Grands Lacs, ce qui a permis de réduire le potentiel d'arrivée d'espèces aquatiques non indigènes (Bailey *et al.* 2011).

Les prévisions concernant le risque futur indiquent que la gestion de l'eau de ballast conformément à la norme de rendement D-2 de l'OMI permettra de réduire de façon spectaculaire le potentiel d'arrivée de zooplancton dans le cas de toutes les voies d'entrée, dans toutes les régions. En revanche, la norme D-2 de l'OMI aura un effet moindre sur le potentiel d'arrivée en ce qui a trait au phytoplancton (et réduirait les abondances attendues d'ENI uniquement dans le cas de cinq voies d'entrée). On s'attend à ce que les exigences proposées pour le REB, conjointement avec la norme D-2 de l'OMI, dans le cas des navires qui accostent dans les ports canadiens en eau douce, permettent de maintenir un potentiel de survie très bas pour les ENI qui sont introduites, tout en réduisant systématiquement le potentiel d'arrivée d'ENI.

Recommandations

- Les échantillonnages biologiques futurs de l'eau de ballast devraient être effectués en priorité pour les voies d'entrée et les groupes taxonomiques pour lesquels on ne dispose pas de données, ou seulement de petits nombres d'échantillons, afin de quantifier avec plus d'exactitude le potentiel d'arrivée d'ENI.
- Il faudrait mener des recherches dans les principaux ports sources d'eau de ballast, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur du Canada, afin d'estimer avec plus de précision la diversité de tous les groupes taxonomiques d'ENI, y compris le zooplancton, le phytoplancton et les microbes susceptibles d'être introduits par la voie d'entrée du transport maritime.
- Il faudrait élaborer un avis concernant les avantages potentiels et les risques associés à différents emplacements de REB, dans le cas des trajets des navires côtiers canadiens de l'Arctique.
- Une nouvelle analyse des similitudes environnementales existant entre ports donneurs et ports receveurs, à l'aide de données projetées pour les variables prises en compte dans des scénarios de changement climatique à échelle réduite (régionale), serait utile pour affiner davantage les prévisions concernant le risque futur d'envahissement à l'échelle du Canada.
- Il faudrait effectuer d'autres évaluations afin de déterminer quel est le risque posé par les navires canadiens dans la région du Pacifique.
- D'autres évaluations devraient être réalisées pour déterminer quel est le risque que posent les biosalissures des coques et les sédiments d'eau de ballast, tant dans le cas des navires commerciaux que des navires non commerciaux.

AUTRES CONSIDÉRATIONS

Toute population établie d'une ENI peut agir comme source de propagules pour d'autres introductions de l'espèce dans un processus que l'on appelle envahissement secondaire. Le risque d'envahissement secondaire à l'intérieur d'une même région biogéographique peut être élevé parce l'ENI a déjà montré une tolérance aux conditions physiques, chimiques et biologiques de la région en question, de sorte qu'il faudrait accorder autant d'importance au risque d'envahissement secondaire qu'au risque d'envahissement primaire dans l'élaboration de plans de gestion pour réduire les risques.

Certains navires commerciaux et récréatifs, comme les grands bateaux de pêche et les bateaux de croisière, transportent et renouvellent plus de 8 m³ d'eau de ballast, mais en raison du

manque de données et d'une déclaration inconstante, ces navires n'ont pas été inclus dans l'évaluation du risque.

La protection contre toutes les introductions d'ENI par le biais de navires nécessitera la prise en compte d'autres vecteurs du transport maritime commercial et non commercial, comme les salissures des coques et les sédiments d'eau de ballast, en plus du vecteur lié à l'eau de ballast.

SOURCES DE RENSEIGNEMENTS

Le présent avis scientifique découle de la réunion de consultation scientifique nationale du Secrétariat canadien de consultation scientifique de Pêches et Océans Canada, qui a eu lieu du 25 au 27 mars et du 19 au 21 juin 2013, et qui portait sur l'évaluation du risque d'introduction d'espèces aquatiques non indigènes par les navires au Canada. Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée lorsqu'elle sera disponible sur le calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada.

- Adams, J.K., Ellis, S.M., Chan, F.T., Bronnenhuber, J.E., Simard, N., McKenzie, C.H., Martin, J.L., et Bailey, S.A. 2013. Relative risk assessment for ship-mediated introductions of aquatic nonindigenous species to the Atlantic Region of Canada. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2012/116. vi + 404 p.
- Adebayo, A.A., Zhan, A., Bailey, S.A., et MacIsaac, H.J. 2013. Domestic ships as a potential pathway of nonindigenous species from the St. Lawrence River to the Great Lakes. Biol. Invas. DOI: 10.1007/s10530-013-0537-5.
- Antonov, J.I., Locarnini, R.A., Boyer, T.P., Mishonov, A.V., et Garcia, H.E. 2006. World Ocean Atlas 2005. Volume 2: Salinity. Edited by S. Levitus. NOAA Atlas NESDIS 62. U.S. Government Printing Office, Washington. 182 p.
- Bailey, S.A., Deneau, M.G., Jean, L., Wiley, C.J., Leung, B., et MacIsaac, H.J. 2011. Evaluating efficacy of an environmental policy to prevent biological invasions. Environ. Sci. Technol. 45: 2554-2561.
- Bailey, S.A., Chan, F., Ellis, S.M., Bronnenhuber, J.E., Bradie, J.N., et Simard, N. 2012. Risk Assessment for ship-mediated introductions of aquatic nonindigenous species to the Great Lakes and freshwater St. Lawrence River. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2011/104. vi + 224 p.
- Briski, E., Bailey, S.A., Casas-Monroy, O., DiBacco, C., Kaczmarek, I., Levings, C., MacGillivray, M.L., McKindsey, C.W., Nasmith, L.E., Parenteau, M., Piercey, G., Rochon, A., Roy, S., Simard, N., Villac, M.C., Weise, A., et MacIsaac, H.J. 2012a. Relationship between propagule pressure and colonization pressure in invasion ecology. Proc. Roy. Soc. Lond. B Biol. Sci. 279(1740): 2990-2997. DOI:10.1098/rspb.2011.2671.
- Browne, R.A., and Wanigasekera, G. 2000. Combined effects of salinity and temperature on survival and reproduction of five species of *Artemia*. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 244: 29-44.
- Briski, E., Ghabooli, S., Bailey, S.A., et MacIsaac, H.J. 2012b. Invasion risk posed by macroinvertebrates transported in ships' ballast tanks. Biol. Invas. 1: 1843-1850.
- Casas-Monroy, O. 2012. Introduction des dinoflagellés non-indigènes dans les écosystèmes aquatiques canadiens via les réservoirs de ballast de navires. Thèse de doctorat, Université du Québec à Rimouski.

- Carver, C.E., et Mallet, A.L. 2002. An assessment of the risk of ballast water-mediated introduction of non-indigenous phytoplankton and zooplankton into Atlantic Canadian waters. Mallet Research Services, Dartmouth (Nouvelle-Écosse). (consulté le 25 février 2011).
- Chan, F.T., Bronnenhuber, J.E., Bradie, J.N., Howland, K.L., Simard, N., et Bailey, S.A. 2012. Risk assessment for ship-mediated introductions of aquatic nonindigenous species to the Canadian Arctic. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2011/105. vi + 93 p.
- Cordell, J.R., Lawrence, D.J., Ferm, N.C., Tear, L.M., Smith, S.S., et Herwig, R.P. 2009. Factors influencing densities of non-indigenous species in the ballast water of ships arriving at ports in Puget Sound, Washington, United States. *Aquat. Conserv.: Mar. Freshwat. Ecosyst.* 19: 322-343.
- [MPO] Pêches et Océans Canada. 2012a. Avis scientifique découlant de l'évaluation du risque d'introduction, par les navires, d'espèces aquatiques non indigènes dans les Grands Lacs et dans les eaux douces du fleuve Saint-Laurent. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2011/066.
- [MPO] Avis scientifique découlant de l'évaluation du risque d'introduction, par les navires, d'espèces aquatiques non indigènes dans l'Actique canadien. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2011/067.
- DiBacco, C., Humphrey, D.B., Nasmith, L.E., et Levings, C.D. 2012. Ballast water transport of non-indigenous zooplankton to Canadian ports. *ICES J. Mar. Sci.* 69: 483-491.
- Glasby, T., Connell, S., Holloway, M., et Hewitt, C. 2007. Nonindigenous biota on artificial structures: could habitat creation facilitate biological invasions? *Mar. Biol.* 151: 887-895.
- Humphrey, D.B. 2008. Characterizing ballast water as a vector for nonindigenous zooplankton transport. Thèse (M.Sc.) Faculty of Graduate Studies (océanographie), University of British Columbia, Vancouver (Colombie-Britannique).
- [OMI] Organisation maritime internationale. 2004. Convention internationale de 2004 pour le contrôle et la gestion des eaux de ballast et sédiments des navires. Adoptée le 13 février 2004.
- Keller, R.P., Drake, J.M., Drew, M.B., et Lodge, D.M. 2011. Linking environmental conditions and ship movements to estimate invasive species transport across the global shipping network. *Divers. Distrib.* DOI: 10.1111/j.1472-4642.2010.00696.x.
- Klein, G., Kaczmarek, I., et Ehrman, J.M. 2009. The Diatom *Chaetoceros* in ships' ballast waters-survivorship of stowaways. *Acta Bot. Croat.* 68: 325-338.
- Linley, R.D., Doolittle, A.G., Chan, F.T., O'Neill, J., Sutherland, T., et Bailey, S.A. 2013. Relative Risk Assessment for ship-mediated introductions of aquatic nonindigenous species to the Pacific Region of Canada. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2013/043. vi + 208 p.
- Locarnini, R.A., Mishonov, A.V., Antonov, J.I., Boyer, T.P., et Garcia, H.E. 2006. World Ocean Atlas 2005. Volume 1: Temperature. Edited by S. Levitus. NOAA Atlas NESDIS 61. U.S. Government Printing Office, Washington. 182 p.
- Molnar, J.L., Gamboa, R.L., Revenga, C., et Spalding, M.D. 2008. Assessing the global threat of invasive species to marine biodiversity. *Front. Ecol. Environ.* 6: 485-492.

- Roy, S., Parenteau, M., Casas-Monroy, O., et Rochon, A. 2012. Coastal ship traffic: a significant introduction vector for potentially harmful dinoflagellates in eastern Canada. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 69: 627-644.
- Rubel, F., et Kottek, M. 2010. Observed and projected climate shifts 1901-2100 depicted by word maps of the Köppen-Geiger climate classification. *Meteorol. Zeitschrift* 19: 135-141.
- Spalding, M.D., Fox, H.E., Allen, G.R., Davidson, N., Ferdeña, Z.A., Finlayson, M., Halpern, B.S., Jorge, M.A., Lombana, A., Lourie, S.A., Marin, K.D., McManus, E., Molnar, J., Recchia, C.A., et Robertson, J. 2007. Marine Ecoregions of the World: a Bioregionalization of Coastal and Shelf Area. *Bioscience* 57: 573-583.
- Transports Canada. 2012. Document de travail : Canadian implementation of the Ballast Water Convention. Transports Canada, Ottawa.

ANNEXE 1

Résultats de l'évaluation du risque relatif d'envahissement, a) à l'échelle temporelle annuelle et b) à l'échelle par événement de rejet, d'ENI transportées par l'eau de ballast, par voie d'entrée des navires, sous la réglementation en vigueur actuellement au Canada. Le degré d'incertitude pour chaque composante est indiqué entre parenthèses sous chaque en-tête de colonne. Il est à noter que le potentiel d'introduction, et le risque final qui en découle, varie dans le cas de certaines voies d'entrée selon le groupe taxonomique étudié (rapporté comme zooplancton ou phytoplancton). L'introduction correspond à la valeur la plus faible déclarée pour l'arrivée et la survie, tandis que le risque final est déterminé en consultant le tableau 3. L'astérisque (*) désigne les voies d'entrée pour lesquelles il existe un degré d'incertitude plus grand (modéré) concernant le potentiel d'arrivée d'ENI de zooplancton, parce qu'on a appliqué des hypothèses supplémentaires.

a) Risque annuel d'envahissement – Zooplancton et phytoplancton

Voie d'entrée (incertitude)	Potentiel d'arrivée annuel pour le zooplancton (faible)	Potentiel d'arrivée annuel pour le phytoplancton (modéré)	Potentiel de survie (modéré)	Potentiel d'introduction pour le zooplancton (modéré)	Potentiel d'introduction pour le phytoplancton (modéré)	Ampleur des conséquences (modéré)	RISQUE FINAL pour le zooplancton (modéré)	RISQUE FINAL pour le phytoplancton (modéré)
Navires côtiers canadiens de l'Arctique	Intermédiaire*	Non évalué	Le plus faible	Le plus faible	Le plus faible	Élevé	Le plus faible	Le plus faible
Navires transocéaniques étrangers de l'Arctique	Le plus faible*	Plus faible	Le plus élevé	Le plus faible	Plus faible	Le plus élevé	Le plus faible	Intermédiaire
Navires canadiens de la côte est	Le plus faible	Plus faible	Le plus élevé	Le plus faible	Plus faible	Le plus élevé	Le plus faible	Intermédiaire
Navires transocéaniques étrangers de la région des GLFSL	Élevé	Élevé	Le plus faible	Le plus faible	Le plus faible	Le plus élevé	Le plus faible	Le plus faible
Cargos hors mer (laquiers)	Le plus élevé	Le plus faible	Le plus élevé	Le plus élevé	Le plus faible	Intermédiaire	Le plus élevé	Le plus faible
Navires côtiers américains de l'Atlantique	Plus faible	Élevé	Le plus élevé	Plus faible	Élevé	Le plus élevé	Intermédiaire	Le plus élevé
Navires étrangers exemptés de l'Atlantique	Plus faible	Intermédiaire	Intermédiaire	Plus faible	Intermédiaire	Le plus élevé	Intermédiaire	Le plus élevé
Navires transocéaniques étrangers de l'Atlantique	Le plus élevé	Le plus élevé	Le plus élevé	Le plus élevé	Le plus élevé	Le plus élevé	Le plus élevé	Le plus élevé
Navires côtiers américains du Pacifique	Élevé	Intermédiaire	Le plus élevé	Élevé	Intermédiaire	Le plus élevé	Le plus élevé	Le plus élevé
Navires étrangers exemptés du Pacifique	Élevé	Le plus élevé	Le plus élevé	Élevé	Le plus élevé	Le plus élevé	Le plus élevé	Le plus élevé
Navires transocéaniques étrangers du Pacifique	Intermédiaire	Élevé	Le plus élevé	Intermédiaire	Élevé	Le plus élevé	Le plus élevé	Le plus élevé

b) Risque d'envahissement par événement de rejet d'eau de ballast – Zooplancton et phytoplancton

Voie d'entrée (incertitude)	Potentiel d'arrivée par événement de rejet - Zooplancton (faible)	Potentiel d'arrivée par événement de rejet - Phytoplancton (modéré)	Potentiel de survie (modéré)	Potentiel d'introduction pour le zooplancton (modéré)	Potentiel d'introduction pour le phytoplancton (modéré)	Ampleur des conséquences (modérée)	RISQUE FINAL pour le zooplancton (modéré)	RISQUE FINAL pour le phytoplancton (modéré)
Navires côtiers canadiens de l'Arctique	Le plus élevé*	Non évalué	Le plus faible	Le plus faible	Le plus faible	Élevé	Le plus faible	Le plus faible
Navires transocéaniques étrangers de l'Arctique	Élevé*	Le plus élevé	Le plus élevé	Élevé	Le plus élevé	Le plus élevé	Le plus élevé	Le plus élevé
Navires canadiens de la côte est	Intermédiaire	Élevé	Le plus élevé	Intermédiaire	Élevé	Le plus élevé	Le plus élevé	Le plus élevé
Navires transocéaniques étrangers de la région des GLFSL	Élevé	Le plus élevé	Le plus faible	Le plus faible	Le plus faible	Le plus élevé	Le plus faible	Le plus faible
Cargos hors mer (laquiers)	Le plus élevé	Le plus faible	Le plus élevé	Le plus élevé	Le plus faible	Intermédiaire	Le plus élevé	Le plus faible
Navires côtiers américains de l'Atlantique	Intermédiaire	Le plus élevé	Le plus élevé	Intermédiaire	Le plus élevé	Le plus élevé	Le plus élevé	Le plus élevé
Navires étrangers exemptés de l'Atlantique	Intermédiaire	Élevé	Intermédiaire	Intermédiaire	Intermédiaire	Le plus élevé	Le plus élevé	Le plus élevé
Navires transocéaniques étrangers de l'Atlantique	Élevé	Le plus élevé	Le plus élevé	Élevé	Le plus élevé	Le plus élevé	Le plus élevé	Le plus élevé
Navires côtiers américains du Pacifique	Élevé	Le plus élevé	Le plus élevé	Élevé	Le plus élevé	Le plus élevé	Le plus élevé	Le plus élevé
Navires étrangers exemptés du Pacifique	Élevé	Le plus élevé	Le plus élevé	Élevé	Le plus élevé	Le plus élevé	Le plus élevé	Le plus élevé
Navires transocéaniques étrangers du Pacifique	Intermédiaire	Le plus élevé	Le plus élevé	Intermédiaire	Le plus élevé	Le plus élevé	Le plus élevé	Le plus élevé

ANNEXE 2

Résultats de l'évaluation du risque relatif d'envahissement, a) à l'échelle temporelle annuelle et b) à l'échelle par événement de rejet, d'ENI transportées par l'eau de ballast, par voie d'entrée des navires, avec l'application des exigences futures de la norme D-2 de l'OMI au Canada. Le degré d'incertitude pour chaque composante est indiqué entre parenthèses sous chaque en-tête de colonne. Il est à noter que le potentiel d'introduction, et le risque final qui en découle, varie dans le cas de certaines voies d'entrée selon le groupe taxonomique étudié (rapporté comme zooplancton ou phytoplancton). L'introduction correspond à la valeur la plus faible déclarée pour l'arrivée et la survie, tandis que le risque final est déterminé en consultant le tableau 3. L'astérisque (*) désigne les voies d'entrée pour lesquelles il existe un degré d'incertitude plus grand (modéré) concernant le potentiel d'arrivée d'ENI de zooplancton, parce qu'on a appliqué des hypothèses supplémentaires.

a) Risque annuel d'envahissement – Zooplancton et phytoplancton

Voie d'entrée (incertitude)	Potentiel d'arrivée annuel pour le zooplancton (faible)	Potentiel d'arrivée annuel pour le phytoplancton (modéré)	Potentiel de survie (modéré)	Potentiel d'introduction pour le zooplancton (modéré)	Potentiel d'introduction pour le phytoplancton (modéré)	Ampleur des conséquences (modérée)	RISQUE FINAL pour le zooplancton (modéré)	RISQUE FINAL pour le phytoplancton (modéré)
Navires côtiers canadiens de l'Arctique	Le plus faible*	Non évalué	Le plus faible	Le plus faible	Le plus faible	Élevé	Le plus faible	Le plus faible
Navires transocéaniques étrangers de l'Arctique	Le plus faible*	Plus faible	Le plus élevé	Le plus faible	Plus faible	Le plus élevé	Le plus faible	Intermédiaire
Navires canadiens de la côte est	Le plus faible	Plus faible	Le plus faible	Le plus faible	Le plus faible	Le plus élevé	Le plus faible	Le plus faible
Navires transocéaniques étrangers de la région des GLFSL	Le plus faible	Élevé	Le plus faible	Le plus faible	Le plus faible	Le plus élevé	Le plus faible	Le plus faible
Cargos hors mer (laquiers)	Le plus faible	Le plus faible	Le plus élevé	Le plus faible	Le plus faible	Intermédiaire	Le plus faible	Le plus faible
Navires côtiers américains de l'Atlantique	Le plus faible	Intermédiaire	Intermédiaire	Le plus faible	Intermédiaire	Le plus élevé	Le plus faible	Le plus élevé
Navires étrangers exemptés de l'Atlantique	Le plus faible	Intermédiaire	Intermédiaire	Le plus faible	Intermédiaire	Le plus élevé	Le plus faible	Le plus élevé
Navires transocéaniques étrangers de l'Atlantique	Le plus faible	Le plus élevé	Le plus élevé	Le plus faible	Le plus élevé	Le plus élevé	Le plus faible	Le plus élevé
Navires côtiers américains du Pacifique	Le plus faible	Intermédiaire	Le plus élevé	Le plus faible	Intermédiaire	Le plus élevé	Le plus faible	Le plus élevé
Navires étrangers exemptés du Pacifique	Le plus faible	Le plus élevé	Le plus élevé	Le plus faible	Le plus élevé	Le plus élevé	Le plus faible	Le plus élevé
Navires transocéaniques étrangers du Pacifique	Le plus faible	Élevé	Le plus élevé	Le plus faible	Le plus élevé	Le plus élevé	Le plus faible	Le plus élevé

b) Risque d'invasion par événement de rejet d'eau de ballast – Zooplancton et phytoplancton

Voie d'entrée (incertitude)	Potentiel d'arrivée par événement de rejet - Zooplancton (faible)	Potentiel d'arrivée par événement de rejet - Phytoplancton (modéré)	Potentiel de survie (modéré)	Potentiel d'introduction pour le zooplancton (modéré)	Potentiel d'introduction pour le phytoplancton (modéré)	Ampleur des conséquences (modérée)	RISQUE FINAL pour le zooplancton (modéré)	RISQUE FINAL pour le phytoplancton (modéré)
Navires côtiers canadiens de l'Arctique	Le plus faible*	Non évalué	Le plus faible	Le plus faible	Le plus faible	Élevé	Le plus faible	Le plus faible
Navires transocéaniques étrangers de l'Arctique	Le plus faible*	Le plus élevé	Le plus élevé	Le plus faible	Le plus élevé	Le plus élevé	Le plus faible	Le plus élevé
Navires canadiens de la côte est	Le plus faible	Élevé	Le plus faible	Le plus faible	Le plus faible	Le plus élevé	Le plus faible	Le plus faible
Navires transocéaniques étrangers de la région des GLFSL	Le plus faible	Le plus élevé	Le plus faible	Le plus faible	Le plus faible	Le plus élevé	Le plus faible	Le plus faible
Cargos hors mer (laquiers)	Le plus faible	Le plus faible	Le plus élevé	Le plus faible	Le plus faible	Intermédiaire	Le plus faible	Le plus faible
Navires côtiers américains de l'Atlantique	Le plus faible	Le plus élevé	Intermédiaire	Le plus faible	Intermédiaire	Le plus élevé	Le plus faible	Le plus élevé
Navires étrangers exemptés de l'Atlantique	Le plus faible	Élevé	Intermédiaire	Le plus faible	Intermédiaire	Le plus élevé	Le plus faible	Le plus élevé
Navires transocéaniques étrangers de l'Atlantique	Le plus faible	Le plus élevé	Le plus élevé	Le plus faible	Le plus élevé	Le plus élevé	Le plus faible	Le plus élevé
Navires côtiers américains du Pacifique	Le plus faible	Le plus élevé	Le plus élevé	Le plus faible	Le plus élevé	Le plus élevé	Le plus faible	Le plus élevé
Navires étrangers exemptés du Pacifique	Le plus faible	Le plus élevé	Le plus élevé	Le plus faible	Le plus élevé	Le plus élevé	Le plus faible	Le plus élevé
Navires transocéaniques étrangers du Pacifique	Le plus faible	Le plus élevé	Le plus élevé	Le plus faible	Le plus élevé	Le plus élevé	Le plus faible	Le plus élevé

LE PRÉSENT AVIS EST DISPONIBLE AUPRÈS DU :

Centre des avis scientifiques (CAS)
Région de la capitale nationale
Pêches et Océans Canada
200, rue Kent, Ottawa (Ontario) K1A 0E6
Téléphone : 613-990-0293
Courriel : csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca
Adresse Internet : www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs

ISSN 1919-5117

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2014



La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2014. Avis scientifique découlant de l'évaluation nationale du risque d'introduction au Canada d'espèces aquatiques non indigènes par les eaux de ballast. Secr. can. de consult. sci. du MPO Avis sci. 2013/064.

Also available in English:

DFO. 2014. *Science Advice from the National Risk Assessment for Ballast Water Introductions of Aquatic Nonindigenous Species to Canada*. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2013/064.